

埋込み工法における小径杭による極限載荷の事例

名城大学理工学部 正会員 堀内孝英
 日本コンクリート工業(株) ○正会員 可児幸彦
 名城大学理工学部 学生 武市 徹
 名城大学理工学部 学生 林 英樹

1. まえがき

杭の鉛直載荷試験を実施する目的は、鉛直支持力の妥当性を確認し、かつ荷重と沈下量の関係を明確にし、上部構造の挙動の推定根拠を明確にする点にある。しかし、現実には、載荷試験は、工期、経済性などの関係から極限荷重が得られるまで載荷することは少ない状況にある。これには、通常の実施されている載荷試験では、設計荷重の3倍までの載荷で終了している場合が多く、安全率を確認したことに留まること、また、載荷試験は一般に本杭と同径の杭を用いて行われるため、特に大径杭の場合、荷重が大きくなるのに伴い、載荷重が大きくなり経済的でないことなどが原因と考えられる。

本報告は、埋込み杭工法で、本杭には、大径杭のφ800を採用しているのに対し、小径杭φ355.6を用いて極限まで載荷した実施事例を整理し、将来の合理的設計への道を示唆しようとするものである。

2. 載荷試験を実施した工事概要

本工事は、名古屋市内で実施した住宅建築に伴う基礎工事で鉛直載荷試験を行ったものである。ここでは、近隣への振動騒音による影響を考慮して、低振動低騒音工法の一つ、プレボーリング拡大根固め工法のRODEX工法が採用された。また、本杭には、大径杭に分類されるφ800が用いられ、一部の本杭は、載荷試験の反力として用いられている。載荷試験杭は、経済的視点から小径杭に分類されるφ355.6を用いた、応力測定を伴う極限載荷の試験工事である。

3. 杭の極限載荷の結果と考察

本試験では、小径杭を用いて、極限載荷を求めるため、反力杭には、大径杭のφ800を用いた。荷重と沈下量の関係は、図-1に示すとおりである。図から判るように、一般には沈下量杭径比 S/D は0.1とされているが、ここでは沈下量杭径比 S/D が0.4を越えるまで載荷し、極限荷重の判定は、安定が認められた最大荷重150tとした。

この時の沈下量杭径比は約0.2である。

図-2には、本事例が対象とする施工現場の土質柱状図と杭伝達軸力を示す。軸力分布図から、杭頭荷重が杭先端に伝達されている様子が明確である。このように、小径杭を用いることで十分な沈下量が得られ、且つ、フリクションカットなくとも、杭先端への荷重到達率が高まることは明らかである。

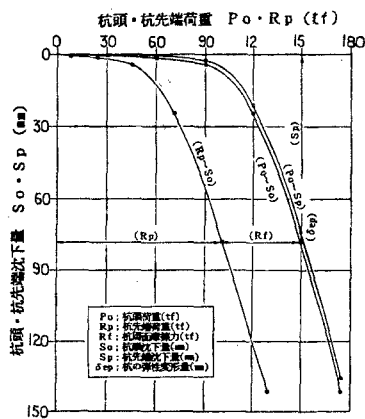


図-1 荷重と沈下量の関係

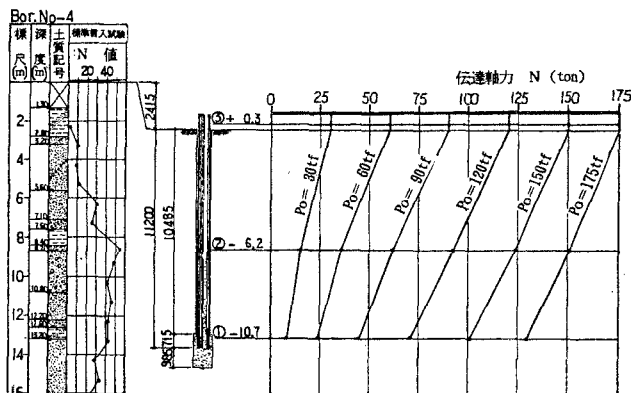


図-2 軸力分布図

表-1に、小径杭 $\phi 355.6$ の試験結果を用いて、大径杭 $\phi 800$ の極限荷重を推定した結果を示した。

ここでは、 $\bar{N}$ 、 N_1 、 N_2 の値と載荷試験によって求めた極限支持力を、応力測定によって周面摩擦力と先端支持力に分離し、摩擦力と先端荷重を表記してある。また、 $\bar{N}$ 、 N_1 、 N_2 を用いた支持力式によって算出される杭先端支持力と、測定によって求めた摩擦力の合計で求まる許容支持力も参考として併記した。ここに、 N は支持力算定式における杭先端より下方1D上方4Dの平均 N 値、 N_1 は、下方1D上方1Dの平均 N 値、 N_2 は、下方1Dの平均 N 値を示す。尚、応力測定から求まる先端荷重から N 値と杭先端閉塞断面積を用いて、逆算した杭先端支持力係数 α の値も示した。

このように、応力測定によって、小径杭の杭周面摩擦力度と杭先端支持力度を求めることによって、大径杭の支持力を推定出来ることが明らかである。また、これは、大径杭では、経済的に困難とされていた載荷試験の実施の可能性と、載荷試験を背景とした合理的設計の可能性を示唆するものと言える。

図-3には、載荷試験方法種別と地業工事費に対する載荷試験費用の割合を、今回の施工事例を対象に詳しく示した。この載荷試験実施例からは、概ね、地業工事費は全体工事費の10%を占め、載荷試験費用は、地業工事費の10%を占めた。従って、載荷試験費用の全体工事費に占める割合は、約1%であり、僅少であると言える。しかし、もし、大径杭のみの載荷試験を検討していたとすれば、8本の反力では、摩擦力が不足し、本杭に用いられる背景を考えると、極限荷重を求める載荷試験は不可能であったと言える。

同じ載荷試験でも計測内容によって若干の費用の差異があるので、測定項目を杭頭沈下量の場合、杭先端沈下量測定を追加する場合、さらに、応力測定を追加する場合に分けて示した。また、小径杭、大径杭の設計荷重の3倍と5倍の載荷試験費用を示した。

図中矢印から、大径杭の3倍の載荷試験費用と、小径杭の応力測定を伴う費用とがほぼ等しく、小径杭によって、合理的かつ経済的な載荷試験実施が可能であることが分かる。

4. まとめ

埋込み杭工法における載荷試験実施事例は、多く存在するが、大径杭の載荷試験の事例は少ない。また、極限載荷の事例は、小径杭においてさえない現状である。これには、経済的な問題¹⁾と有効な反力装置の問題が存在する。筆者らは、上部構造の変形を考慮した合理設計には、極限載荷試験による荷重と沈下量の関係が重要であると考え、小径杭による極限載荷試験を試みた。小径杭と大径杭の対比は、荷重と沈下量の関係を荷重と沈下量杭径比に置き換える、即ち無次元化²⁾によって可能であるが、本報告では、応力測定による杭の極限荷重の推定を試みた。これにより、各種推定法に比して、合理設計に近づくことを示唆した。

参考文献

- 1). 杭の鉛直載荷試験方法・同解説、土質工学会、1993
- 2). 堀内孝英、可児幸彦：埋込み杭の載荷試験から先端極限荷重を推定する有効性、土と基礎、Vol. 43, No. 5, pp. 37~39, 1995

表-1 推定結果

杭 種		$\phi 355.6$ (載荷杭)		$\phi 800$ (本杭)	
区 分		設計値	試験結果	設計値	試験結果
N : 下方1D、上方4D間の平均 N 値		40.4		40.8	
N_1 : 下方1D、上方1D間の平均 N 値		38.0		37.5	
N_2 : 下方1D間の平均 N 値		36.0		33.0	
摩 擦 力	$R_f(tf)$	48.6	49.00	109.3	110.20
先 端 荷 重	$R_p(tf)$	100.3	101.00	512.7	511.30
先端支持力係数	α	25.0	25.17	25.0	24.83
先端荷重 $R_p(tf)$ ($R_p = \alpha \cdot N \cdot A_p$)	N	100.3	101.00	512.7	511.30
	N_1	94.3	95.00	471.2	468.90
	N_2	89.4	90.00	414.7	413.50
許容支持力 $R_a(tf)$ ($R_p = 1/3(R_f + R_p)$)	N	49.6	50.00	207.3	207.20
	N_1	47.6	48.00	193.5	193.40
	N_2	46.0	46.30	174.7	174.60

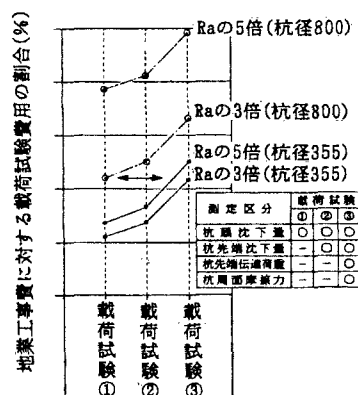


図-3 載荷試験費用の割合